

# **Adaptación e implementación de un modelo numérico para la predicción de la calidad del aire**

*Proyecto nº12 (Convocatoria 2011)*

Madrid, 1 de octubre 2014

*Jon Arrizabalaga Ibarzabal*

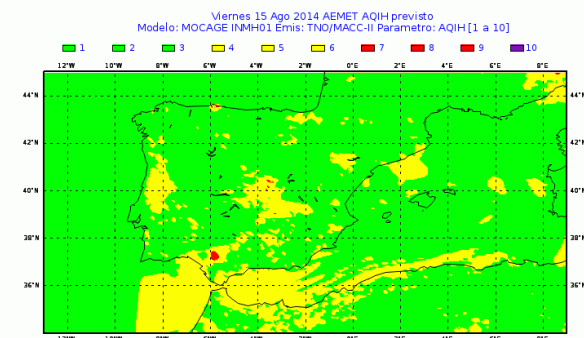
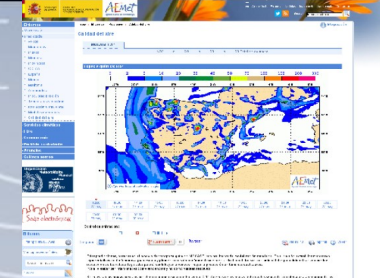
*Alberto Cansado Auría*

*Servicio de Modelización de la Calidad del Aire*

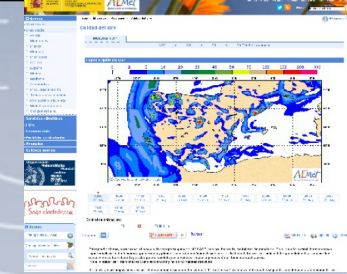
**AEMET**

# Índice

1. Sistema MOCAGE – AEMET
2. Inventarios de emisiones en MOCAGE – AEMET
3. Sensibilidad del MOCAGE - AEMET a las emisiones
  - 3.1. Comparativas experimentales con observaciones:
    - 3.1.1. Red EMEP/VAG/CAMP
    - 3.1.2. Red de vigilancia de Calidad del Aire del Ay. de Madrid
  - 3.2. Adaptación del MOCAGE – AEMET
4. Implementación Índice de Calidad del Aire
5. Conclusiones
6. Líneas futuras



# 1. Sistema MOCAGE - AEMET



Características del sistema MOCAGE (Météo-France) implementado en AEMET:

- Modelo global *off-line*
- Esquema químico RACMOBUS -> 119 especies y 372 reacciones químicas
- 47 niveles verticales híbridas (sigma, p)
- Pasos de tiempo de 1 hora para la advección y 15 min para los procesos subrejillas

Datos de entrada (Modelos de origen y forzamientos)		Dominios anidados		
		GLOB22	INML05	INMH01
D+1 00 – 24 UTC	Meteorológicos	IFS ECMWF	HIRLAM ONR	HIRLAM HNR
	Superficiales	ARPEGE	HIRLAM ONR	HIRLAM HNR
	Emisiones superficiales	IPCC	TNO/GEMS o CIEMAT o TNO/MACC-II	TNO/GEMS o CIEMAT o TNO/MACC-II



## 2. Inventarios de emisiones en MOCAGE - AEMET

- Disponibilidad de datos:

	Emisiones	Compuestos	Dominio alta resolución	Resolución temporal	Metodología principal
TNO/GEMS	Antropo- génicas	NO <sub>x</sub> , COVNM, CO, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	INMH01	Anual (2003)	Bottom-up
CIEMAT		NO <sub>x</sub> , COVNM, CO, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	INMH01	Anual (2009, 2010) (*)	Top-down
TNO/MACC-II		NO <sub>x</sub> , COVNM, CO, SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>	1/8° x 1/16°	Anual (2003-2009) (*)	Bottom-up

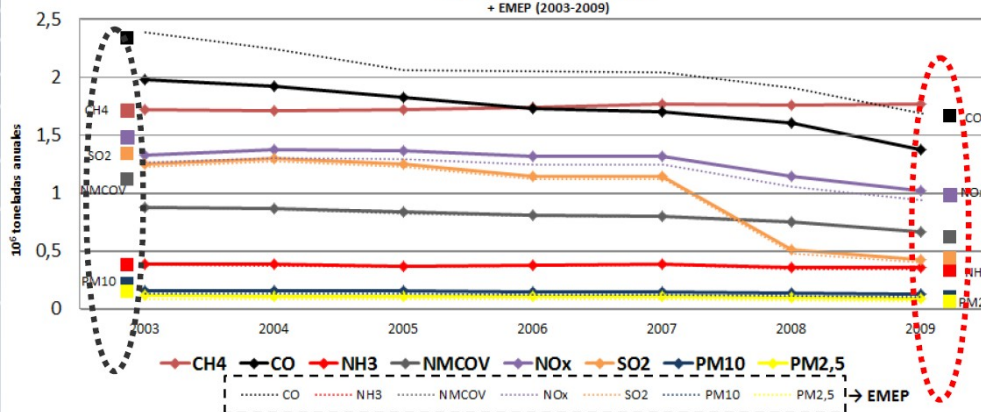
(\*) A  
día de  
hoy

\* Diferencias de los totales nacionales:

\* Diferencias por sector SNAP:

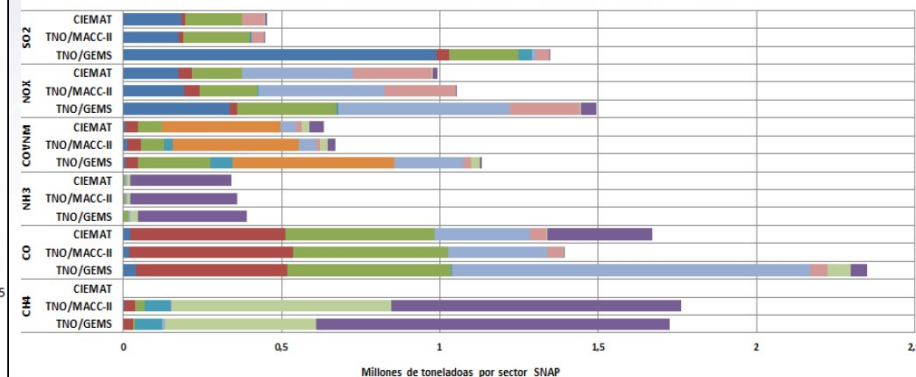
Tendencia de las emisiones inventariadas (TNO/MACC-II) entre 2003-2009 para España

+ 2003 (TNO-GEMS) , 2009 (CIEMAT)  
+ EMEP (2003-2009)



Emisiones anuales de CH<sub>4</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, COVNM, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> en 2003 (TNO/GEMS) y 2009 (TNO/MACC-II y CIEMAT) por sector SNAP en España

■ SNAP 1 ■ SNAP 2 ■ SNAP 3 & 4 ■ SNAP 5 ■ SNAP 6 ■ SNAP 7 ■ SNAP 8 ■ SNAP 9 ■ SNAP 10

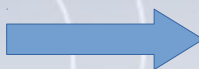


## 2. Inventarios de emisiones en MOCAGE - AEMET

\* Diferencias por celda en INMH01:

- Apreciables cambios por variación anual y por método de desagregación.

Coef. de deter. (R <sup>2</sup> )	TNO/ GEMS vs TNO/ MACC-II	TNO/ GEMS vs CIEMAT	CIEMAT vs TNO/ MACC-II
SO <sub>2</sub>	0,08	0,10	0,04
NO <sub>x</sub>	0,45	0,16	0,21
CO	0,37	0,08	0,05
NH <sub>3</sub>	0,23	0,22	0,26
COVNM	0,36	0,15	0,31
CH <sub>4</sub>	0,02	-	-



Coef. de deter. (R <sup>2</sup> )	TNO/ GEMS vs TNO/ MACC-II	CIEMAT vs TNO/ MACC-II
SO <sub>2</sub>	0,27 (0,08)	0,09 (0,04)

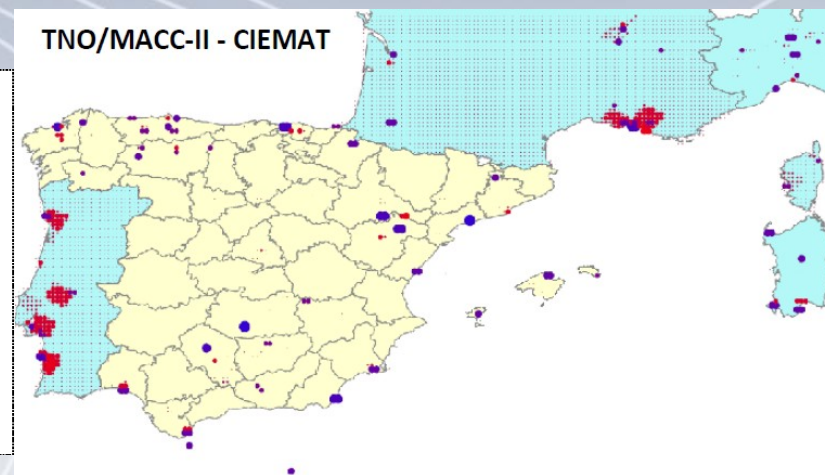
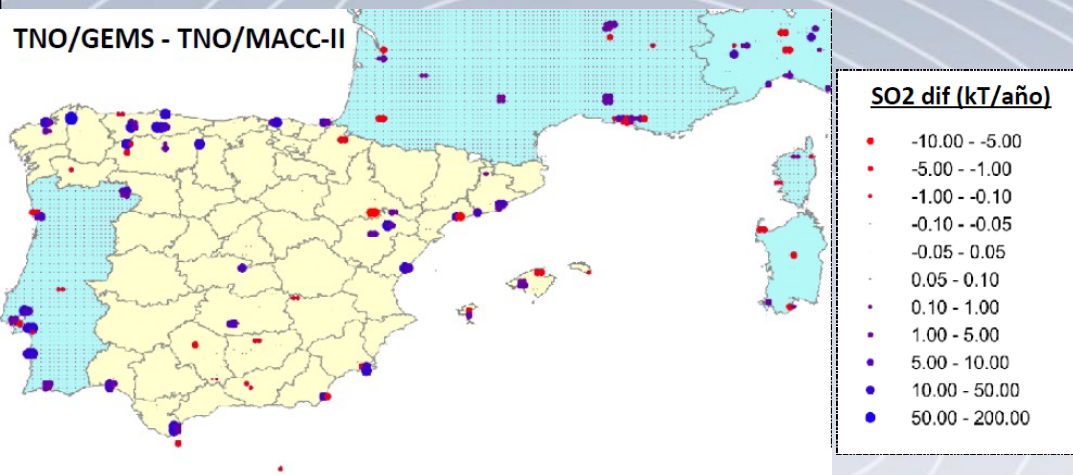
### SNAP 01 ↔ Emisiones SO<sub>2</sub>

- En TNO/GEMS el 70% del total de las emisiones en ESP en sector SNAP01 (combustión en la producción y transformación de energía).
- En TNO/MACC-II y CIEMAT el 40%.

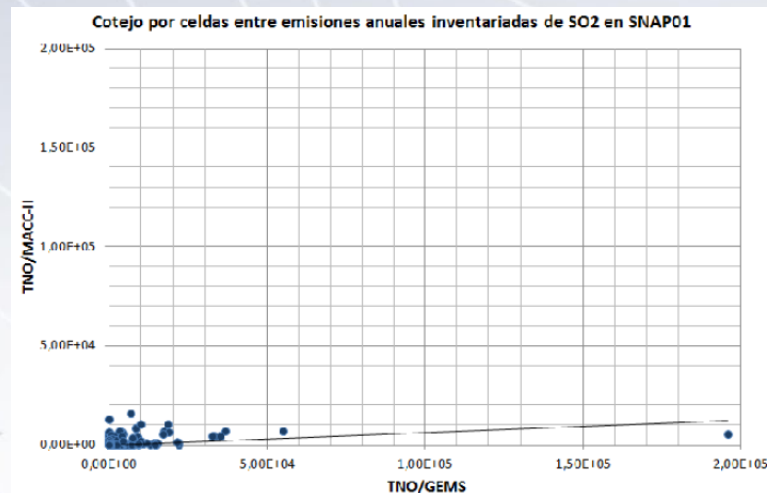
## 2. Inventarios de emisiones en MOCAGE - AEMET

\* Diferencias por celda en INMH01, SO<sub>2</sub>, SNAP01:

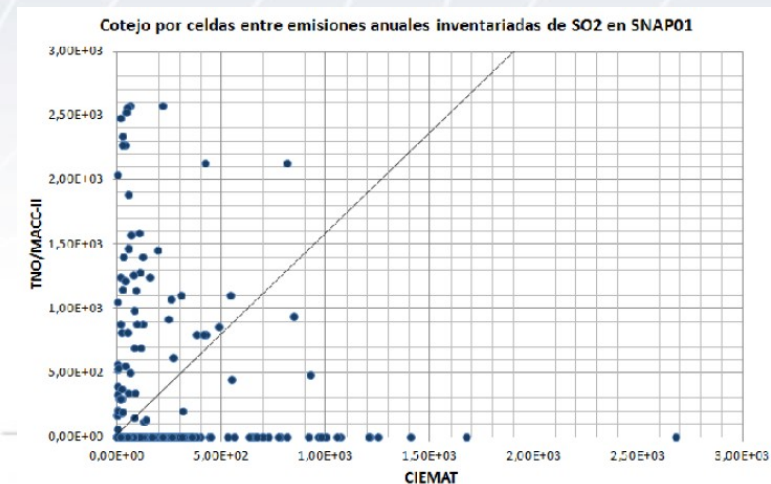
Coef. de deter. (R <sup>2</sup> )	TNO/ GEMS vs TNO/ MACC-II	CIEMAT vs TNO/ MACC-II
SO <sub>2</sub>	0,27 (0,08)	0,09 (0,04)



*Disminución abrupta*



*Influencia de la desagregación espacial*



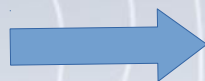


## 2. Inventarios de emisiones en MOCAGE - AEMET

\* Diferencias por celda en INMH01:

- Apreciables cambios por variación anual y por método de desagregación.

Coef. de deter. (R²)	TNO/ GEMS vs TNO/ MACC-II	TNO/ GEMS vs CIEMAT	CIEMAT vs TNO/ MACC-II
SO <sub>2</sub>	0,08	0,10	0,04
NO <sub>x</sub>	0,45	0,16	0,21
CO	0,37	0,08	0,05
NH <sub>3</sub>	0,23	0,22	0,26
COVNM	0,36	0,15	0,31
CH <sub>4</sub>	0,02	-	-



Coef. de deter. (R²)	TNO/ GEMS vs TNO/ MACC-II	CIEMAT vs TNO/ MACC-II
NO <sub>x</sub>	0,56 (0,45)	0,20 (0,21)

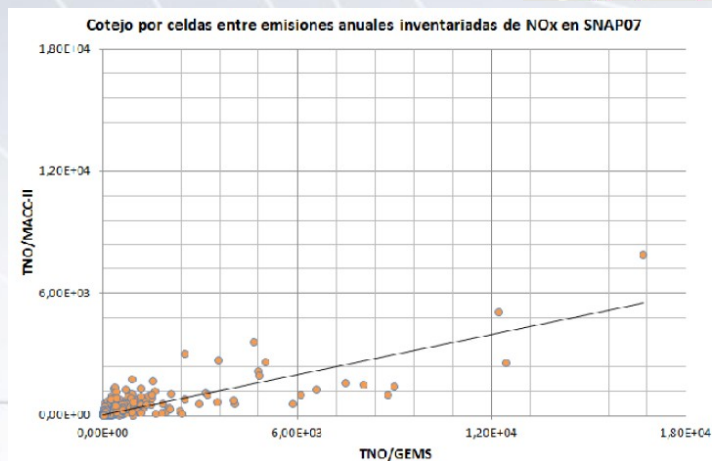
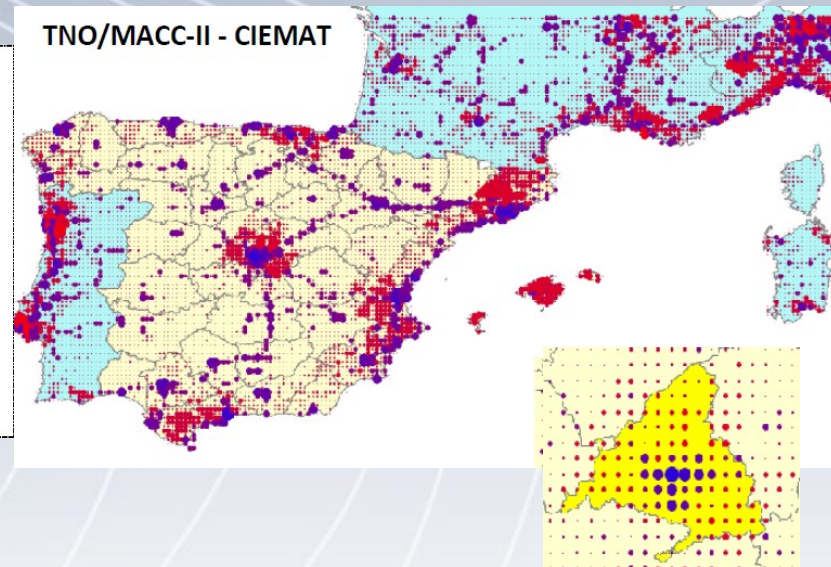
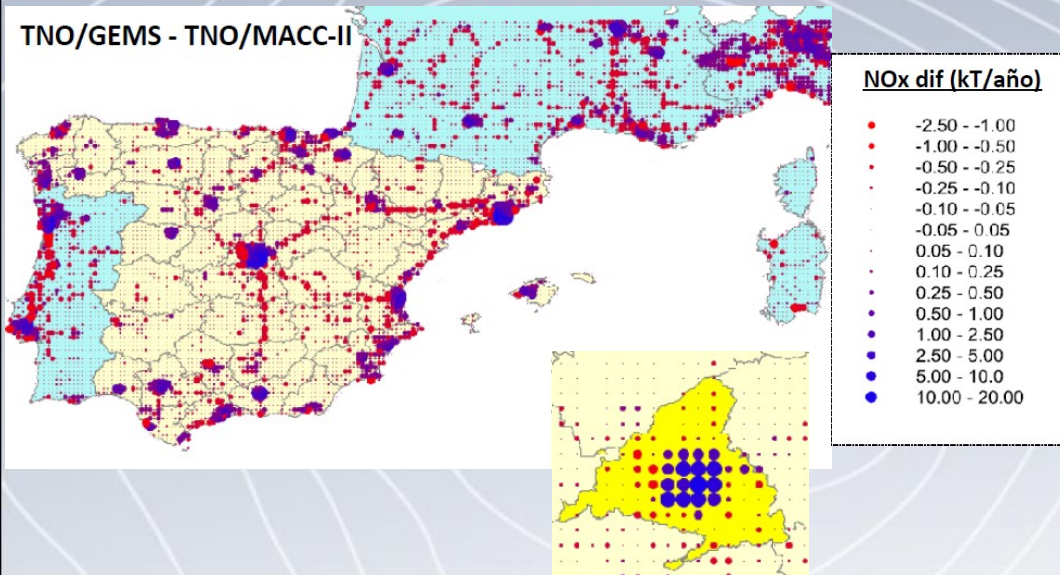
### SNAP 07 ↔ Emisiones NO<sub>x</sub>

- En TNO/GEMS, CIEMAT y TNO/MACC-II el 35-38% del total de las emisiones en ESP en sector SNAP07 (transporte por carretera).

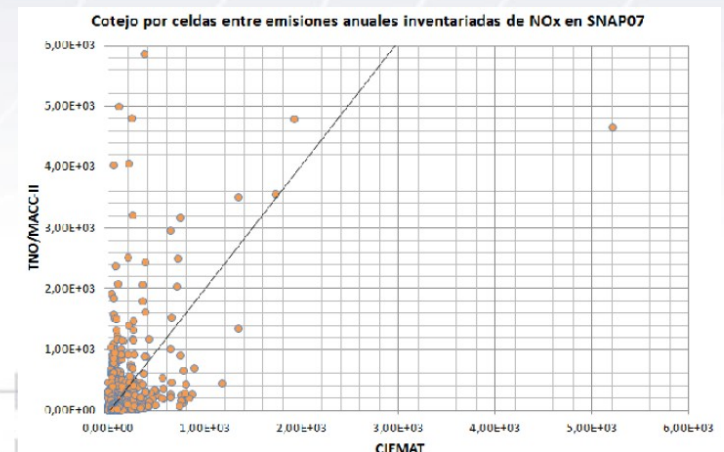
## 2. Inventarios de emisiones en MOCAGE - AEMET

\* Diferencias por celda en INMH01, NO<sub>x</sub>, SNAP07:

Coef. de deter. (R <sup>2</sup> )	TNO/ GEMS vs TNO/ MACC-II	CIEMAT vs TNO/ MACC-II
NO <sub>x</sub>	0,56 (0,45)	0,20 (0,21)

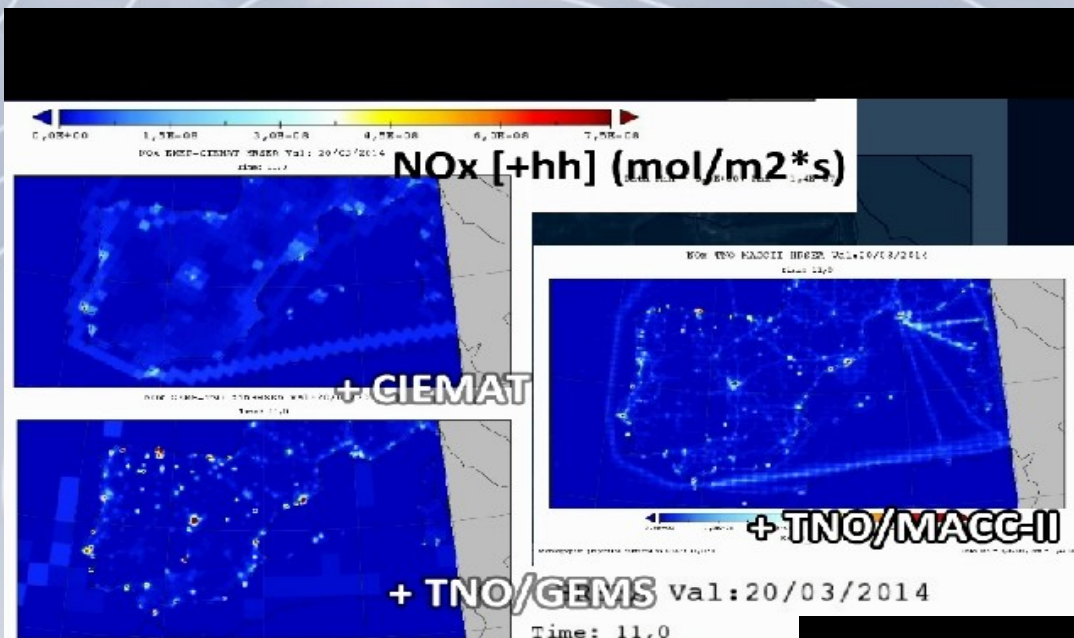


*Caracterización  
desigual de urbes  
y red de  
carreteras  
principales*



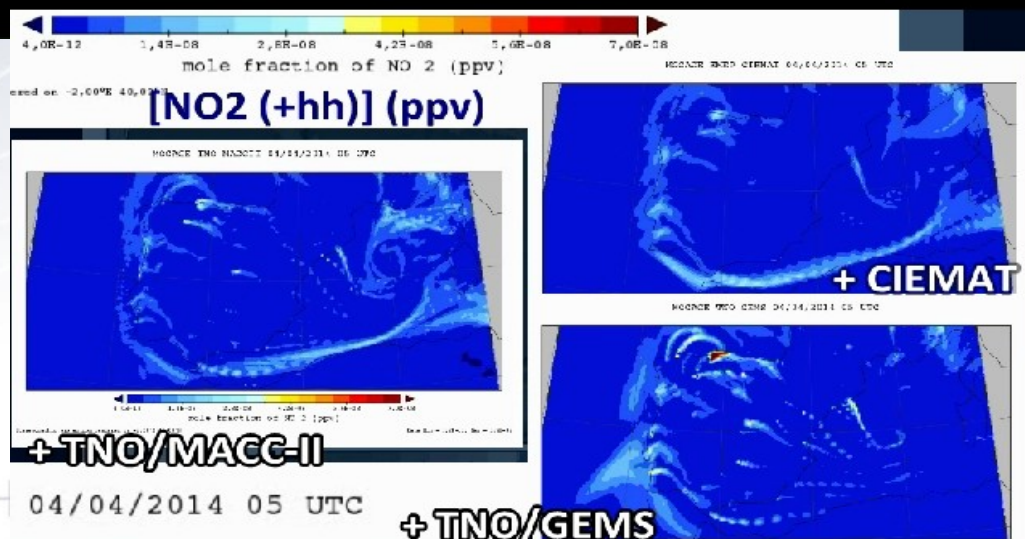


### 3. Sensibilidad del MOCAGE – AEMET a las emisiones



Emisiones de NOx  $D+1$ , 00 – 24 UTC para el dominio **INMH01** usando los tres inventarios de emisiones disponibles para el día 20 de marzo del 2014

Concentración de NO<sub>2</sub>  $D+1$ , 00 – 24 UTC para el dominio **INMH01** usando los tres inventarios de emisiones disponibles para el día 4 de abril del 2014

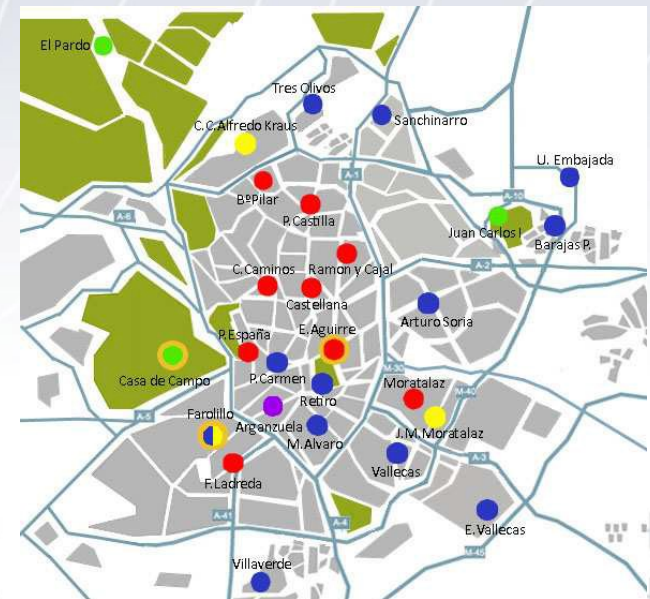


## 3.1. Comparativas experimentales con observaciones

### 3.1.1. Red EMEP/VAG/CAMP



### 3.1.2. Red de vigilancia de Calidad del Aire del Ay. de Madrid



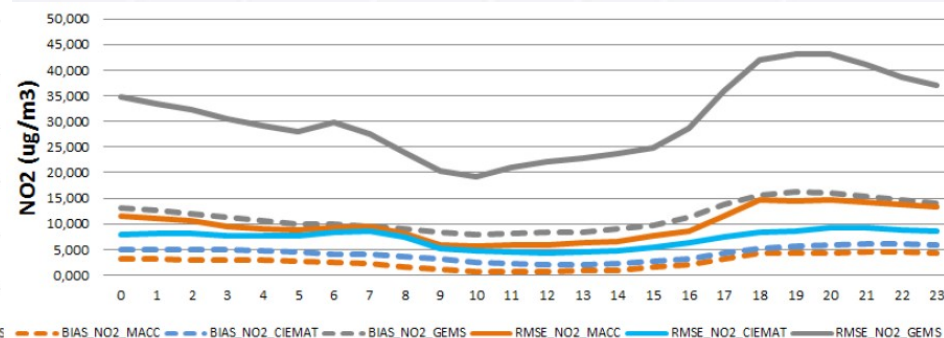
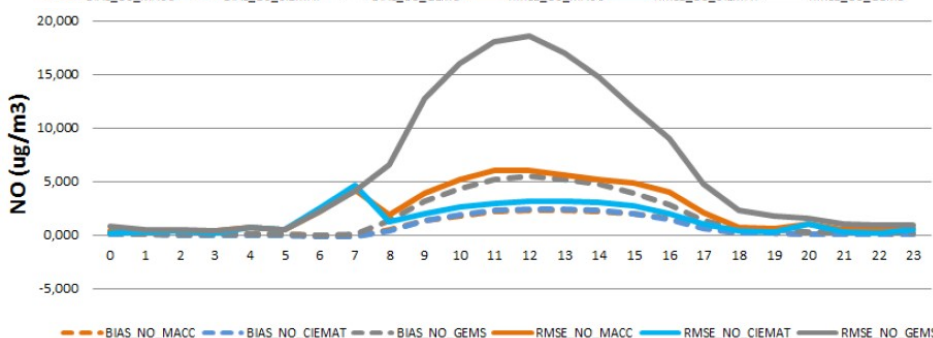
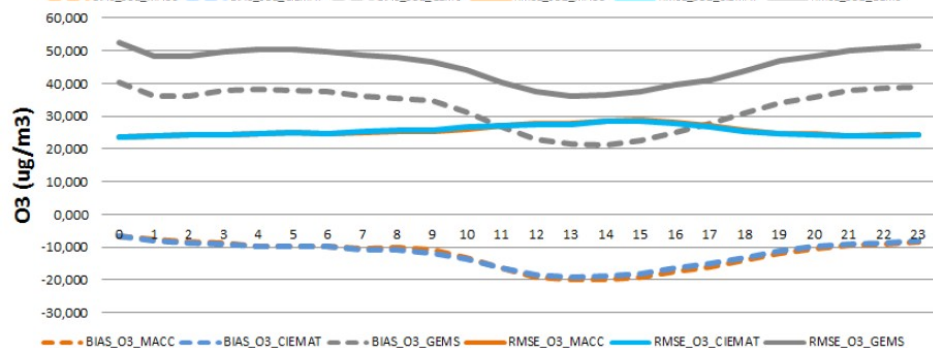
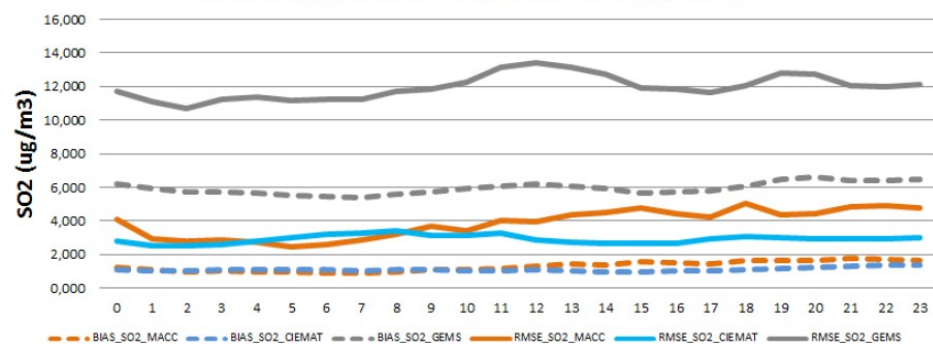


# 3.1.1. EMEP/VAG/CAMP

13 estaciones de fondo



Promedios del BIAS y RMSE para las tres modelizaciones respecto a las observaciones de la red EMEP/VAG durante el trimestre invernal (2013-2014)

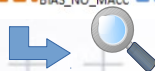


Estudio:

\* Datos validados provisionales del trimestre invernal (diciembre 2013 y enero y febrero del 2014)

\* Promedios de la Red por alcance [+hh]

Medias diarias	SO2		NO		NO2		O3	
	bias	rmse	bias	rmse	bias	rmse	bias	rmse
TNO/GEMS	5,8	10,2	1,7	5,5	11,4	27,2	31,9	40,0
TNO/MACC-II	1,2	2,7	0,7	1,9	2,6	7,9	-13,6	21,2
CIEMAT	1,1	2,3	0,1	1,7	4,2	5,6	-13,3	21,0



BIAS\_NO\_MACC BIAS\_NO\_CIEMAT BIAS\_NO\_GEMS RMSE\_NO\_MACC RMSE\_NO\_CIEMAT RMSE\_NO\_GEMS

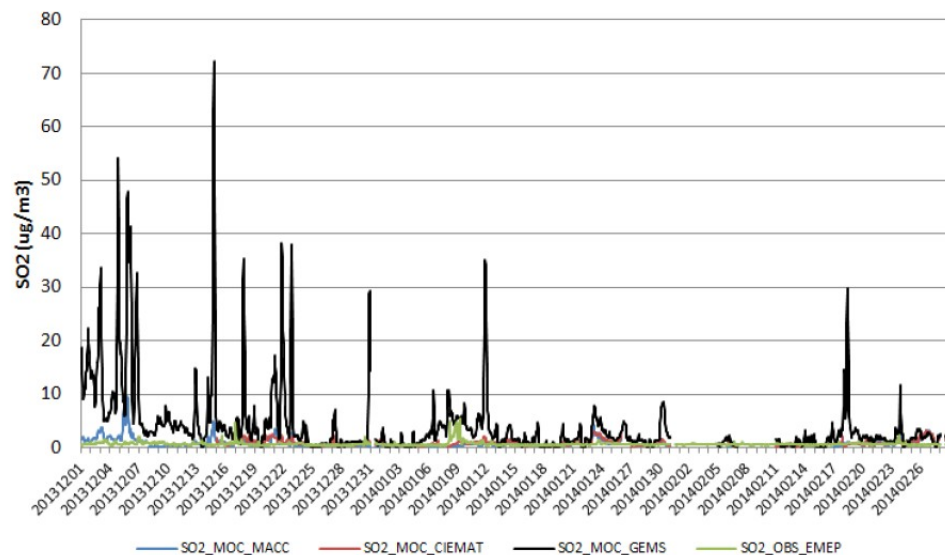


## 3.1.1. EMEP/VAG/CAMP

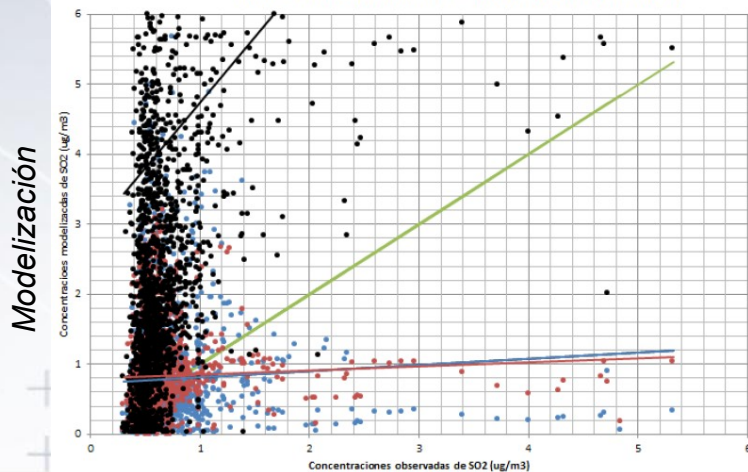
ES01 San Pablo de los Montes



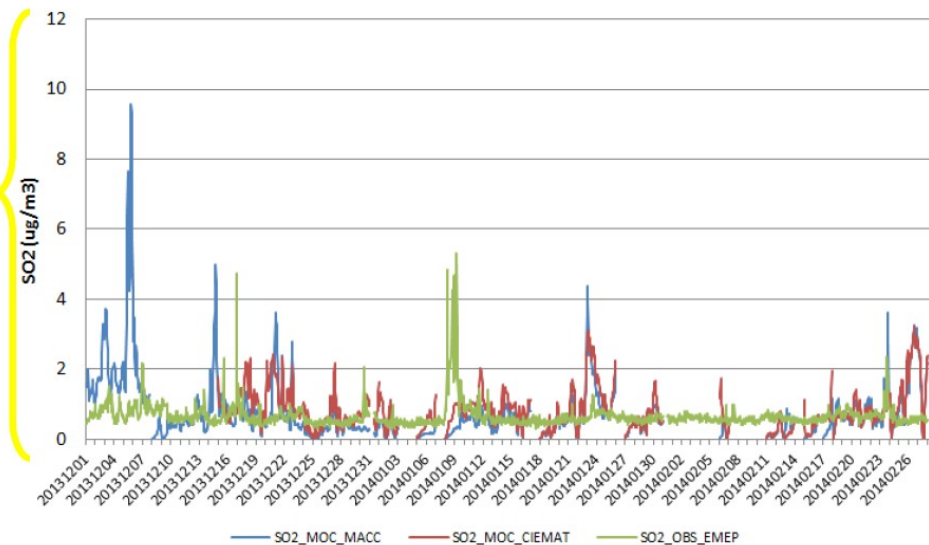
Concentración horaria de SO<sub>2</sub> en la estación EMEP ES01 - Dic. (13), Ene. y Feb. (14)



Comparación entre las concentraciones de SO<sub>2</sub> modelizadas vs. observadas en las estación EMEP ES01 - Dic. (13), Ene. y Feb. (14)



Concentración horaria de SO<sub>2</sub> en la estación EMEP ES01 - Dic. (13), Ene. y Feb. (14)



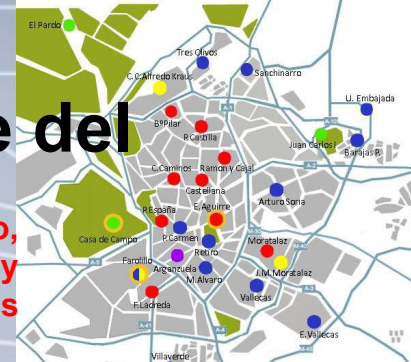
Observación

## 3.1.2. Red de vigilancia de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid

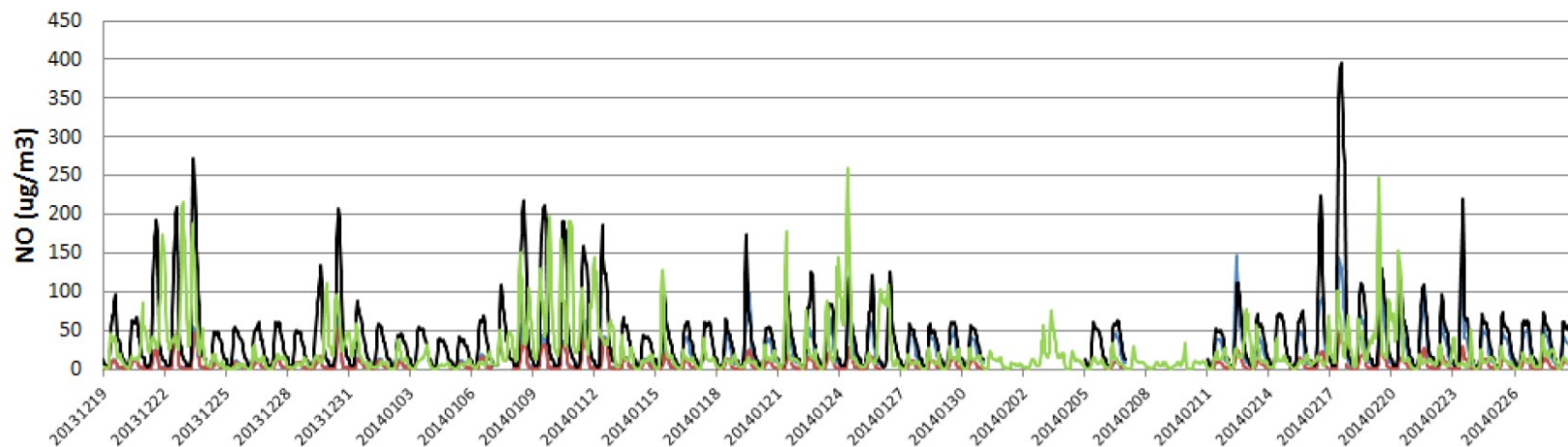
Estudio:

\* Datos validados provisionales del trimestre invernal (diciembre 2013 y enero y febrero del 2014)

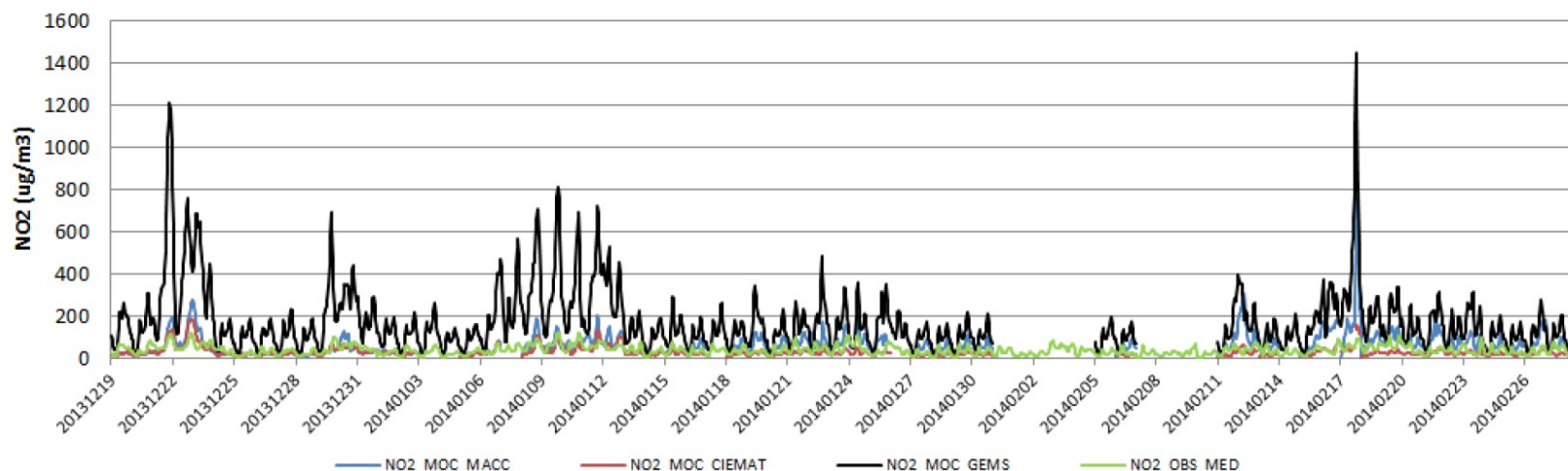
Estaciones de tráfico,  
urbana de fondo y  
suburbanas



Concentración horaria de NO modelizada para Madrid y la media de la Red Ay. de Madrid - Dic. 13, Ene. y Feb. 14



Concentración horaria de NO2 modelizada para Madrid y la media de la Red Ay. de Madrid - Dic. 13, Ene. y Feb. 14

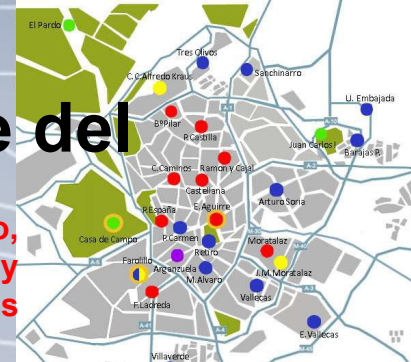




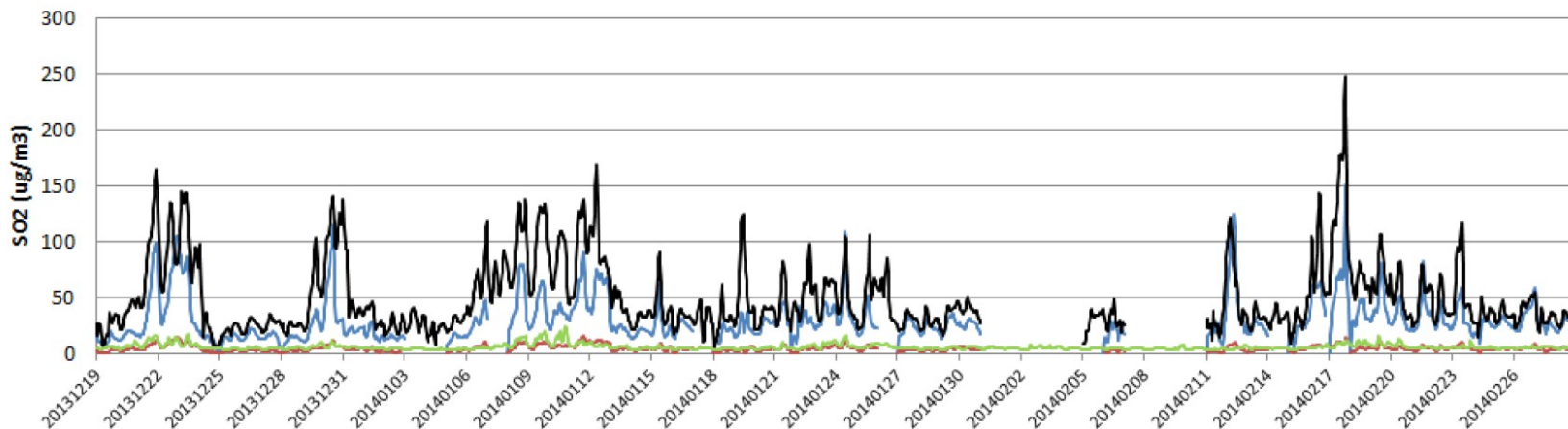
### 3.1.2. Red de vigilancia de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid

## Estudio:

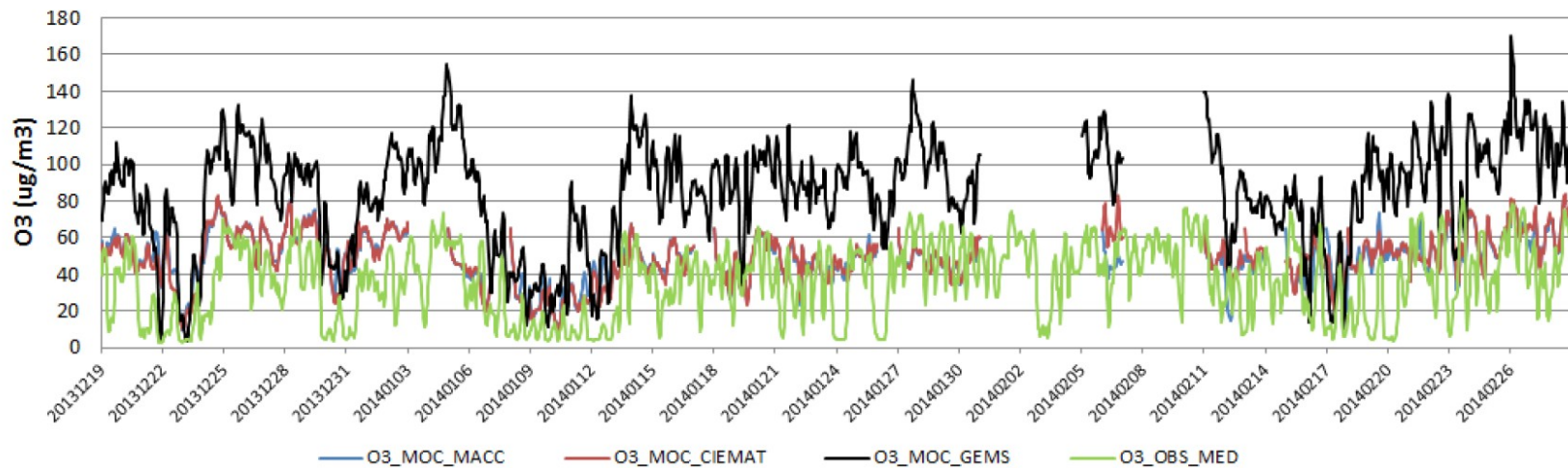
\* Datos validados provisionales del trimestre invernal (diciembre 2013 y enero y febrero del 2014)



**Concentración horaria de SO2 modelizada para Madrid y la media de la Red Ay. de Madrid - Dic. 13, Ene. y Feb.14**



**Concentración horaria de O3 modelizada para Madrid y la media de la Red Ay. de Madrid - Dic. 13, Ene. y Feb.14**



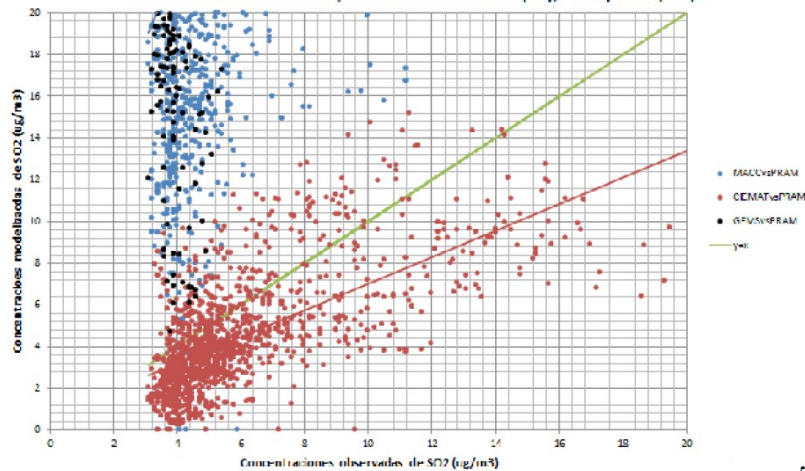


### 3.1.2. Red de vigilancia de Calidad del Aire del Ayuntamiento de Madrid

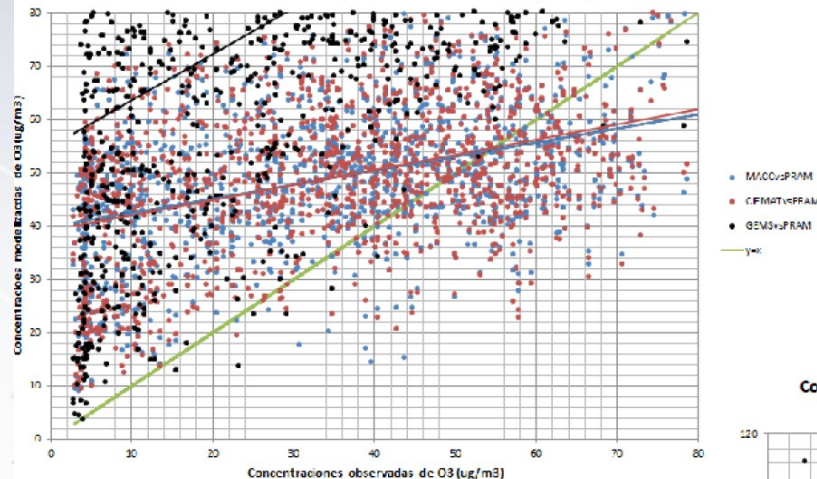
Estudio:

\* Datos validados provisionales del trimestre invernal (diciembre 2013 y enero y febrero del 2014)

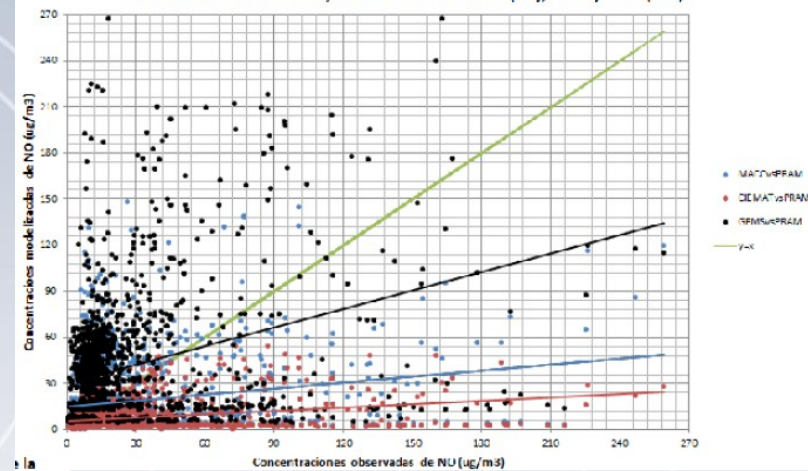
**Comparación entre las concentraciones de SO<sub>2</sub> modelizadas y de promedias de la red de observación del Ayunt. de Madrid - Dic. (13), Ene. y Feb. (14.)**



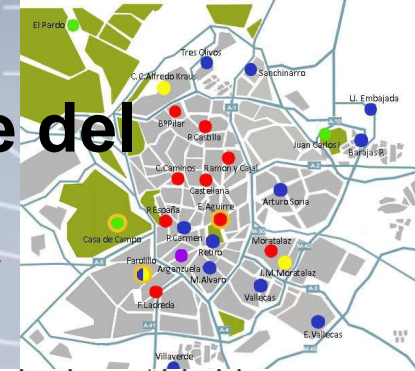
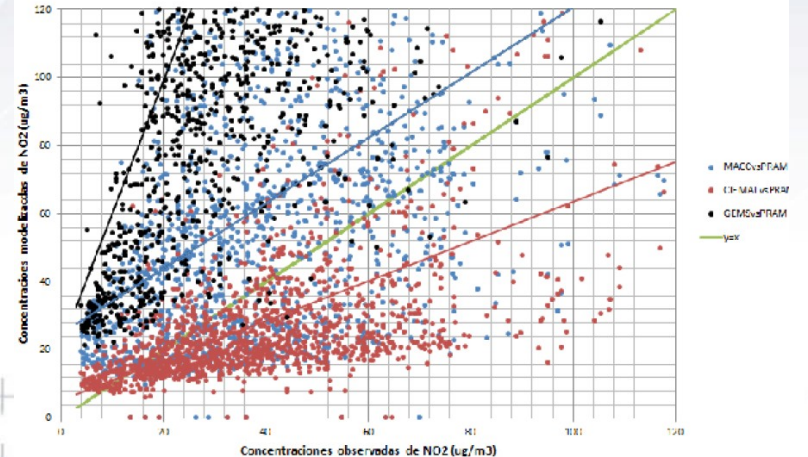
Comparación entre las concentraciones de O3 modelizadas y de promedias de la red de observación del Ayunt. de Madrid - Dic. (13), Ene. y Feb. (14.)



Comparación entre las concentraciones de NO modelizadas y de promedias de la red de observación del Ayunt. de Madrid - Dic. (13), Ene. y Feb. (14.)



Comparación entre las concentraciones de NO<sub>2</sub> modelizadas y de promedias de la red de observación del Ayunt. de Madrid - Dic. (13), Ene. y Feb. (14.)



## 3.2. Adaptación del MOCAGE - AEMET

Enlace a la noticia del 8 de julio del 2014: <http://www.aemet.es/es/noticias/2014/07/calidadaireno>



[Inicio](#) » [Noticias](#) » [Detalle](#)

### AEMET mejora la predicción de la calidad del aire con un nuevo inventario de emisiones de especies químicas

08/07/2014 La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), dependiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, ha introducido un nuevo inventario de emisiones de especies químicas elaboradas con datos del año 2009 para mejorar la precisión de la predicción de la calidad del aire.

Enlace al servicio: [http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/calidad\\_del\\_aire](http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/calidad_del_aire)

Enlace a la web interna al Servicio de Modelización de Calidad del Aire:  
[www0.aemet.es/ww29/CALIDAD\\_AIRE/index\\_SMCA.htm](http://www0.aemet.es/ww29/CALIDAD_AIRE/index_SMCA.htm)



## 4. Implementación del Índice de Calidad del Aire

### Definición de índices diarios de calidad del aire (DAQI)

- Simplifica y facilita la información a sociedad o entidad usuaria
- Habitual en áreas urbanas y en relación a valores observados en estaciones de medida
- Método que posibilita de agregación del impacto de diversos contaminantes
- Determinación de niveles respecto a los valores de cada contaminante promediados a diversas escalas temporales (horaria, octo-horaria (móvil o fijo), diaria)
- Estandarización de consejos y avisos ambientales

### Comparativa de tres índices diarios de calidad de aire:

- AQIH (Air Quality Index for Health): EPA Ireland → basado en DAQI de Defra-MetOffice
- ATMO: usado y legislado en Francia
- ICA-BSC: empleado en el sistema CALIOPE



## 4. Implementación del Índice de Calidad del Aire

**AQIH**

**ATMO**

	Indice AQIH	O3 móvil 8h	NO2 1h	SO2 1h	PM10 24h	PM2.5 24h	Indice ATMO	O3 1h	NO2 1h	SO2 1h	PM10 24h
	Medias (ug/m3)						Medias (ug/m3)				
Buena	1	0-33	0-67	0-29	0-11	0-16	1	0-29	0-29	0-39	0-9
	2	34-66	68-134	30-59	12-23	17-33	2	30-54	30-54	40-79	10-19
	3	67-100	135-200	60-89	24-35	34-50	3	55-79	55-84	80-119	20-29
Aceptable	4	101-120	201-267	90-119	36-41	51-58	4	80-104	85-109	120-159	30-39
	5	121-140	268-334	120-149	42-47	59-66	5	105-129	110-134	160-199	40-49
	6	141-160	335-400	150-179	48-53	67-75	6	130-149	135-164	200-249	50-64
Mala	7	161-187	401-467	180-256	54-58	76-83	7	150-179	165-199	250-299	65-79
	8	188-213	468-554	257-295	59-64	84-91	8	180-209	200-274	300-399	80-99
	9	214-240	555-600	296-334	65-70	92-100	9	210-239	275-399	400-499	100-124
Muy mala	10	241 - ...	601 - ...	335 - ...	71-...	101- ...	10	240-	400-	500-	125-...

**ICA-BSC**

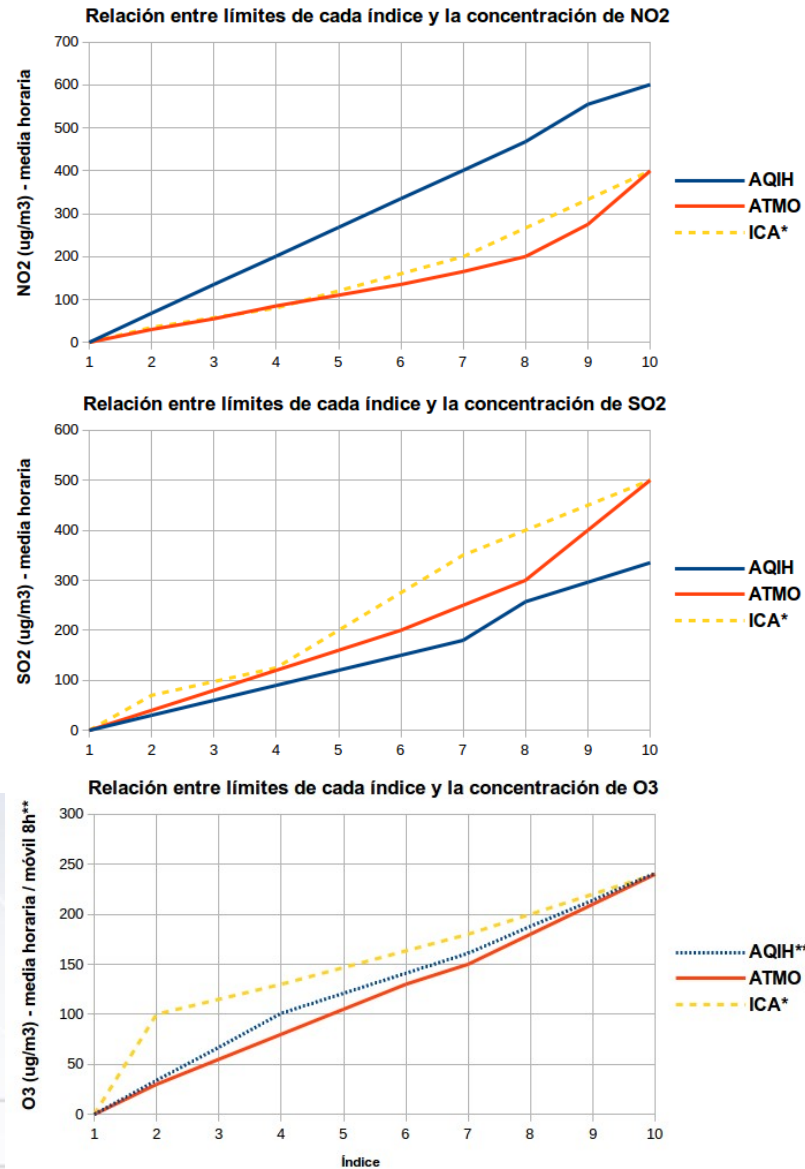
	O <sub>3</sub> 1h	NO <sub>2</sub> 1h	SO <sub>2</sub> 1h	PM <sub>10</sub> 24h	PM <sub>2.5</sub> 24h	CO 8h
Buena	0-100	0-35	0-70	0-25	0-15	0-3
Moderada	≥100-130	≥35-80	≥70-125	≥25-40	≥15-25	≥3-6
Deficiente	≥130-180	≥80-200	≥125-350	≥40-50	≥25-40	≥6-10
Mala	≥180-240	≥200-400	≥350-500	≥50-75	≥40-60	≥10-15
Muy mala	≥240	≥400	≥500	≥75	≥60	≥15

Diferencias para cada contaminante en:

- Límites
- Número de categorías:
  - AQIH y ATMO: 10 niveles
  - ICA: 5 niveles
- Periodos de promediado

Límites que se aplicarán para cada caso a los resultados del sistema MOCAGE - AEMET

## 4. Implementación del Índice de Calidad del Aire



Ciertas comparativas de **niveles parciales** de concentración de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> respecto al índice:

\* ICA → ajustado al índice de 10 niveles



NO<sub>2</sub>:

- AQIH mas “laxo”



SO<sub>2</sub>:

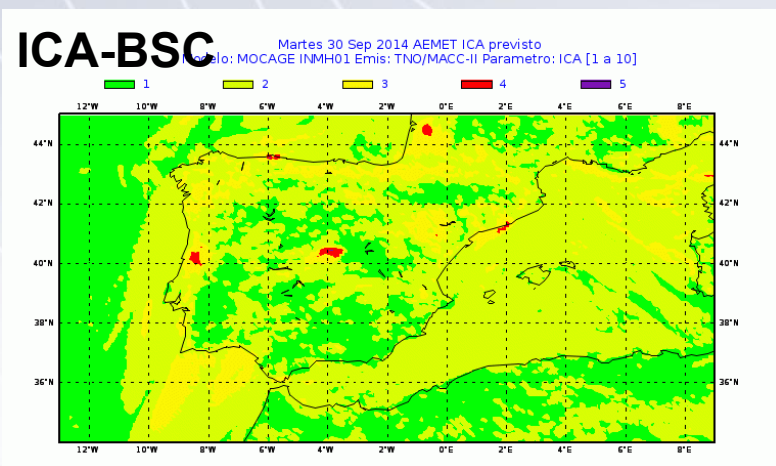
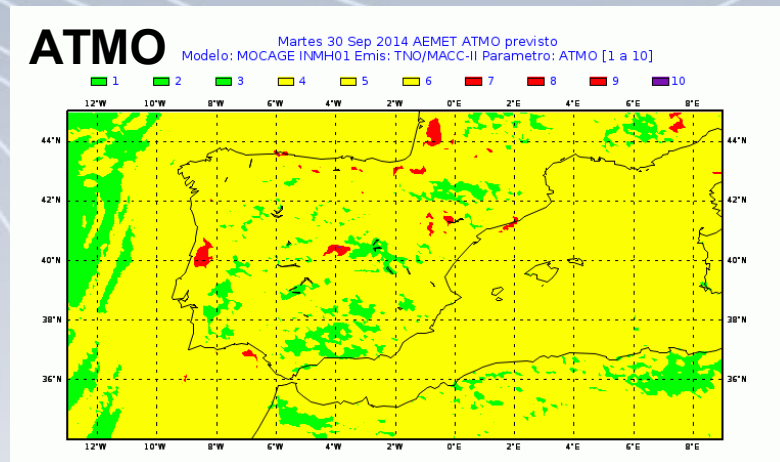
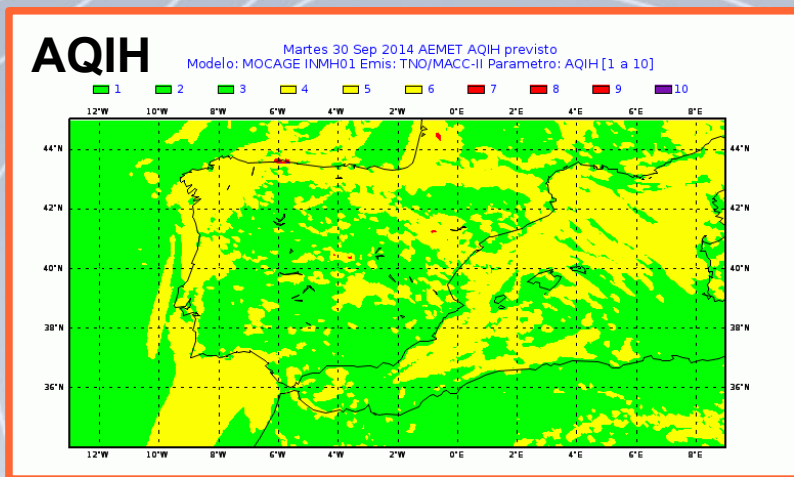
- Similar, incluso AQIH mas “estricto”



O<sub>3</sub> (\*\*AQIH obtenido a través de medias móviles octo-horarias):

- AQIH menos “estricto”, siendo calculado a partir de medias móviles octo-horarias

## 4. Implementación del Índice de Calidad del Aire

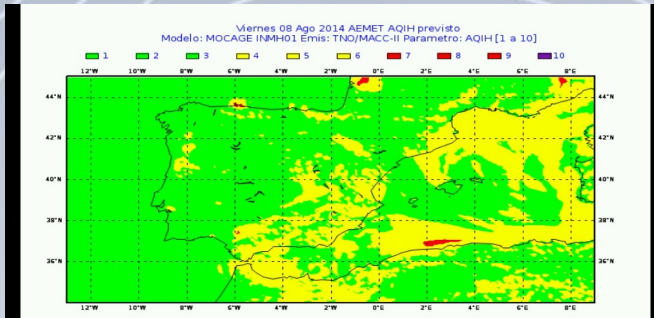


Ejemplo, para el 30 de septiembre 2014

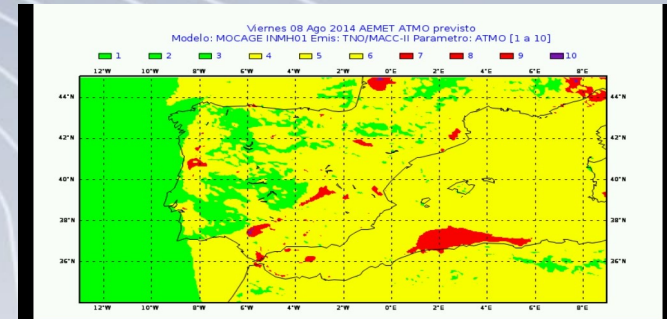


# 4. Implementación del Índice de Calidad del Aire

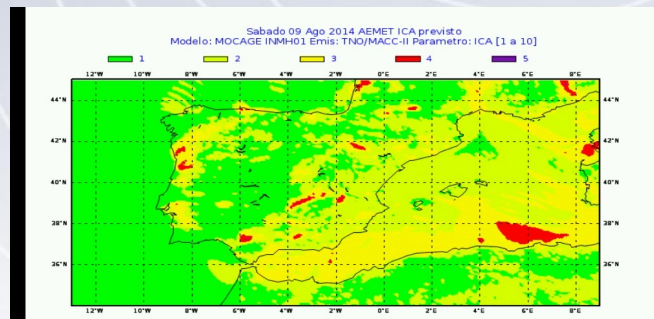
AQIH



ATMO



ICA-BSC



Ejemplo, animación mes de agosto 2014

# 4. Implementación del Índice de Calidad del Aire

Próximamente en: [www0.aemet.es/ww29/CALIDAD\\_AIRE/index\\_SMCA.htm](http://www0.aemet.es/ww29/CALIDAD_AIRE/index_SMCA.htm)



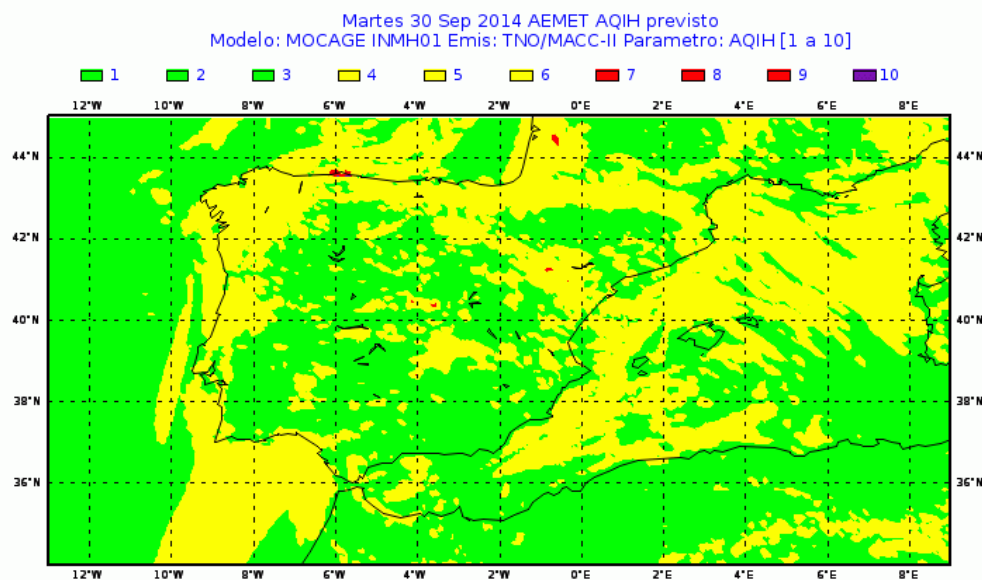
MOCAGE-AEMET + TNO-MACCII - Mar 30 Sep 2014 a las 00 UTC. Resolución Horizontal: 0.1 grados

Escoja el AQIH

AQIH



*Selección del índice general e índices parciales para cada contaminante*



## 5. Conclusiones

- Emisiones:
  - Importancia de conocer las debilidades y fortalezas de los inventarios de emisiones para los Modelos de Transporte Químico
- Sensibilidad MOCAGE-AEMET:
  - Pocas y singulares (por su representatividad) estaciones de observación de compuestos químicos para verificar este tipo de MTQ
- ICA – AEMET:
  - Herramienta útil para facilitar la comprensión de la información sobre la calidad del aire



## 6. Líneas futuras

- Emisiones:
  - Renovar los inventarios de emisiones en alta resolución como su implementación, *al disponer de otros actualizados*
  - Adecuar los procedimientos de acoplamiento de los inventarios de emisiones al MOCAGE-AEMET
- Sensibilidad MOCAGE-AEMET:
  - Realizar una comparación crítica con datos de otras estaciones de observación disponibles u otras fuentes de información → acceso a base de datos completos y en tiempo real de multitud de estaciones de observación
  - Continuar y profundizar la validación del montaje de MOCAGE-AEMET en otros periodos del año
  - Incluir nuevas versiones del modelo MOCAGE
- ICA – AEMET:
  - Selección del índice y diseño del producto
  - Difundir e informar de manera precisa estos productos “sensibles” para la opinión pública





**Muchas gracias por su atención**

# Bibliografía

- Arrizabalaga Ibarzabal, J., Cansado Auria, A., 2012. Análisis de la estimación de las emisiones para su uso en modelos de transporte químico, XXXII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española y 13º Encuentro Hispano - Luso de Meteorología, Madrid
- Cansado Auria, A., Moreta González, J.R., Arrizabalaga Ibarzabal, J., Martínez Marco, I., 2012. Predicciones operativas de composición química de la atmósfera en AEMET, XXXII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española y 13º Encuentro Hispano - Luso de Meteorología, Madrid
- Connolly, E., 2013, Update on Implementation of the Daily Air Quality Index, Department for Environment, Food and Rural Affairs
- de Leeuw, F., Mol, W., 2005. Air Quality and Air Quality Indices: a world apart ? ETC/ACC Technical Paper 2005/5
- Ferreira, J., Guevara, M., Baldasano, J.M., Tchepel, O., Miranda, A. I., Borrego, C., 2013. A comparative analysis of two highly spatially resolved European atmospheric emission inventories, Atmospheric Environment 75, 43-57
- Granier, C., D'Angiola, A., Denier van der Gon, H., Kuenen, J., 2012. Report on the update of anthropogenic surface emissions, MACC-II deliverable report D\_22.1, MACC deliverable report
- Josse, B., Simon, P., Peuch, V.H., 2004. Radon global simulations with the multiscale chemistry and transport model MOCAGE, Tellus B 56, 339-356
- Martín, F., Palomino, I., Vivanco, M.G., 2012. Combination of measured and modelling data in air quality assessment in Spain. Int. J. Environment and Pollution 49, 36-44
- Monks, P.S. et al., 2009. Atmospheric composition change - global and regional air quality, Atmospheric Environment 43, 5268-5350
- Plaia, A., Ruggieri, M., 2010. Air quality indices: a review, Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 10, 165-179
- Van Aardenne, J.A., 2002. Uncertainties in emission inventories. Thesis (PhD). Wageningen University
- Visschedijk, A.J.H., Zandveld, P.Y.J, Denier van der Gon, H., 2007. A high resolution gridded European emission database for the EU Integrate Project GEMS, TNO-report 2007-A-R0233/B